

무기체계 자동시험장비 소프트웨어의 유효성 검증 - ISO/IEC 25023의 기능적합성 중심으로

윤경환*, 윤재형, 김종규, 김규영
국방기술품질원

Validation Method of Automated Test Equipment Software in Weapon System - Focused on Functional Suitability in ISO/IEC 25023

Gyeonghwan Yoon*, Jae-Hyeong Yun, Jong-Kyu Kim, Kyu-young Kim
Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구에서는 기존의 무기체계 소프트웨어 개발 프로세스에 ISO/IEC 25023의 소프트웨어 품질 평가 모델을 적용하여 기존보다 무기체계 소프트웨어의 품질을 향상시킬 수 있는지 확인하였다. 현재 무기체계 소프트웨어 개발 프로세스는 소프트웨어 품질 요구사항을 관리하고 있지만 소프트웨어 품질은 제한적으로만 향상시키고 있었다. 소프트웨어 품질 요구사항에서 품질 특성을 정의하고 관리하였지만 개별적인 사업에 따라 품질 특성이 다르게 정의되었기 때문이다. 따라서 소프트웨어 품질 요구사항의 품질 특성이 동일하여도 산출물이 다르고 사업에 따라 품질 관리의 차이가 컸다. 무기체계 소프트웨어 개발 프로세스 내에서 소프트웨어 품질 관리 제한점의 원인은 소프트웨어 품질 특성에 대한 일관된 정의 부족과 정량적으로 측정되지 않는 산출물로 파악하였다. 국제표준 소프트웨어 품질평가 메트릭인 ISO/IEC 25023은 소프트웨어를 8가지 주특성 및 31가지 부특성으로 구분하여 품질 특성을 정의하고 정량적으로 소프트웨어 제품 품질을 평가할 수 있는 기준을 제시한다. ISO/IEC 25023을 무기체계 소프트웨어 개발 프로세스에 적용하여 소프트웨어 품질을 향상시키는 방안을 검토하고 소프트웨어 품질 향상 효과를 분석하였다.

Abstract DTaQ has managed the software quality of weapon systems in the mass production stage. Automatic Test Equipment (ATE) is used to measure the quality of weapon systems in the mass production stage. Managing ATE quality is key factor for quality management because acquisition of weapon systems is hugely affected by results of quality measurement by ATE. This study includes the selection of ATE and validates the ATE from a software perspective. In this validation, we used the functional suitability quality characteristic in ISO/IEC 25023. Functional suitability is composed of functional completeness, functional correctness, and functional appropriateness, which are quality sub-characteristics. We suggest evaluation criteria for each quality sub-characteristic and validate ATE according to the suggested criteria. From a functional completeness perspective, we evaluated whether there is any missing function. From a functional correctness perspective, functional errors were evaluated. From a functional appropriateness perspective, we evaluated whether functions serve the purpose of a quality test. According to the evaluation, we confirmed functions that are needed to improve and suggest quality improvement measures. With evaluation of ISO/IEC 25023 quality characteristics, we could test ATE systematically and obtain reliable results. If we validate ATE SW consistently with the method in this paper, then we could contribute to quality improvement of a weapon system continuously in the mass production stage.

Keywords : ATE, ISO/IEC 25023, Functional Suitability, Functional Completeness, Functional Correctness, Functional Appropriateness

*Corresponding Author : Gyeonghwan Yoon(DTaQ)

email: sunshine@dtaq.re.kr

Received August 29, 2022

Accepted October 7, 2022

Revised September 26, 2022

Published October 31, 2022

1. 서론

무기체계는 제조 후 요구성능을 만족하는지 확인하기 위해 국방규격에 따라 성능과 품질을 검사하고 소요군에 납품된다. 그렇지만 국방규격 충족 여부를 확인하는 작업은 많은 시간과 노력이 필요하다. 이를 해소하기 위해 ATE를 활용하여 무기체계의 상태 및 성능을 확인하고 있다.

무기체계는 「무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 매뉴얼」에 따라 엄격한 개발 프로세스에 의해 관리된다[1]. 그렇지만 ATE는 규격화 대상에서 제외되거나 양산단계에서 업체 자체적으로 개발되는 경우가 많다[2]. 그래서 엄격히 관리되지 않는 ATE의 경우 ATE의 신뢰성 문제가 제기되기도 한다.

ATE는 양산된 무기체계 품질을 보증하는 장비이기 때문에 ATE 장비에 대한 유효성 검증이 필수적이다. 따라서 ATE의 신뢰성을 확보하기 위한 다양한 연구들이 수행되었다[2-5].

ATE 장비의 SW 신뢰성 확보방안과 양산단계 ATE 장비의 개발 및 관리에 관한 프로세스 제안 연구가 국방 기술품질원에서 수행되었다[2]. ATE 장비특성에 맞는 ATE 개발 및 관리 프로세스를 제시하고 각 개발단계에 따른 위험 항목과 위험요소 관리, ATE SW 품질평가를 위한 지표를 제안하여 SW 품질 관점에서 ATE 신뢰성 향상을 연구했다. 이 연구에서는 ATE SW의 품질을 개발과 관리 프로세스 정립을 통해 확보하려고 시도한 것에 의의가 있다. 그렇지만 위 연구는 이론적 제안이라는 한계가 있다.

ATE의 설계 적합성을 검증한 다른 연구에서는 시험 대상에서 임의의 고장을 유발했을 때 ATE가 고장을 정확히 검출하는지 확인한다[3]. 또 계측기의 교정주기, 설비의 일반사항 등을 점검하여 종합적인 ATE의 설계 유효성을 검증했다. 그렇지만 ATE의 SW 검증의 경우 규격화 당시 등록된 파일 크기, 체크섬 정보가 실제 장비에 탑재된 SW의 파일 크기, 체크섬 정보와 일치하지만 확인하고 있다. 다른 ATE 유효성 검증방안 연구에서도 SW는 품질보증 계획서의 SW 버전과 실제 탑재된 SW 버전의 일치성만을 확인한다[4]. 이 연구들은 ATE의 SW가 이미 유효성 확인이 되었다는 전제로 이루어진다는 한계가 있다.

본 연구는 사례 연구이며 SW 관점의 ATE 유효성 검증연구로 기존 연구와 대비된다. 본 연구에서는 무기체계에서 사용되는 특정 ATE의 SW 기능을 검증하였다.

그리고 이 과정에서 ISO/IEC 25023의 기능적합성 품질 특성 평가 기준의 효과성을 확인할 것이다. 체계적인 SW 평가를 통한 ATE SW의 유효성 검증으로 ATE 품질을 향상시키는 것이 본 논문의 목적이다.

2. 관련 연구

2.1 ISO/IEC 25023 기반의 품질특성 시험

ISO/IEC 25023은 사용자 요구사항 기반으로 제품의 SW 품질을 측정하는 체계적인 방법을 제시한다[6]. 민간 분야에서는 ISO/IEC 25023의 8가지 SW 품질특성에 따라 평가 메트릭을 제안하고 제품에 따른 결함의 종류를 연구하기도 했다[7].

국방 분야에서도 무기체계의 SW 품질 향상을 위해 ISO/IEC 25023의 품질특성 적용방안을 제시한 연구들이 수행되었다[8]. 또 무기체계 SW 개발단계 프로세스에 ISO/IEC 25023을 적용하려는 연구도 수행되었다[9,10]. 사용자 관점의 SW 품질 측정방법은 소요군 관점의 무기체계 SW나 ATE 품질 측정방법으로 그대로 사용하거나 수정하여 활용할 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 ATE 유효성 검증에 적합한 기능적합성 품질특성을 선정했다. 해당 품질특성을 측정하는 세 가지 품질부특성 관점에서 ATE를 시험하고 평가함으로써 ATE SW의 유효성을 검증할 것이다.

2.2 ISO/IEC 25023의 기능적합성 평가 기준

기능적합성은 ATE의 무기체계 검사 기능을 평가하는 가장 기본적인 ISO/IEC 25023 품질부특성이다. 기능적합성을 충족하지 못한다면 추가적인 품질특성을 고려하지 않아도 ATE의 품질을 높게 평가할 수 없기 때문이다.

기능적합성은 세 가지 품질부특성인 기능완전성(Functional completeness), 기능정확성(Functional correctness) 기능적절성(Functional appropriateness)으로 구성되어 있다. ATE SW 검증에 활용할 각각의 평가 기준은 다음 장의 Table 1과 같이 제시하였다.

Table 1의 평가방법과 같이 기능완전성은 제품 설명서, 사용자 설명서 등 명세서에 표현된 기능 중 누락된 기능이 있는지를 확인하고 기능정확성은 기능이 모호함과 오류 없이 동작하는지 평가한다. 기능적절성은 기능의 결과가 본래 품질검사의 목적에 부합하는지를 평가한다.

Table 1. Functional suitability in ISO/IEC 25023 for ATE validation

Quality Characteristic	Quality Sub-characteristics	Evaluation method
Functional suitability	Functional completeness	Evaluate if there are any missing functions among function list in standardized documents
	Functional correctness	Evaluate whether check functions work without ambiguities and errors
	Functional appropriateness	Evaluate whether the results generated by the execution of the function meet the purpose of quality inspection

한편 규격화된 ATE의 경우 「무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 매뉴얼」에 따라 소프트웨어 요구사항명세서 (SRS: Software Requirements Specification, 이하 SRS), 소프트웨어 설계기술서 등이 개발 산출물로 관리 되고 있다[1]. ISO/IEC 25023의 품질특성 중 기능적합성(Functional suitability)을 시험할 때 제품 설명서나 사용자 설명서를 SRS로 대체할 수 있는 연구결과가 있다 [8]. 이 연구를 참고하여 기능적합성의 품질특성 시험 시 SRS를 활용하여 시험하였다.

3. 주요 연구절차

본 논문의 주요 연구절차를 도식화하면 오른쪽의 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서는 순서대로 ISO/IEC 25023을 활용한 평가 기준 제시, 시험 대상 ATE 선정 및 ATE 분석, 평가 기준의 적용, ATE SW 평가 기준의 효과와 한계점 분석 순서로 연구를 진행하였다.

2장에서는 ISO/IEC 25023에 관한 유용성을 확인하고 ATE SW 평가 기준을 제시한다. 4장에는 검증을 진행할 시험 대상 ATE를 선정하고 ATE의 점검 기능을 분석한다. 그리고 위의 Table 1에서 제시한 ATE SW 평가 기준을 시험 대상 ATE에 적용하여 기능 이상을 확인한다. 5장에서는 ATE SW 점검의 효과성과 한계를 분석할 것이다.

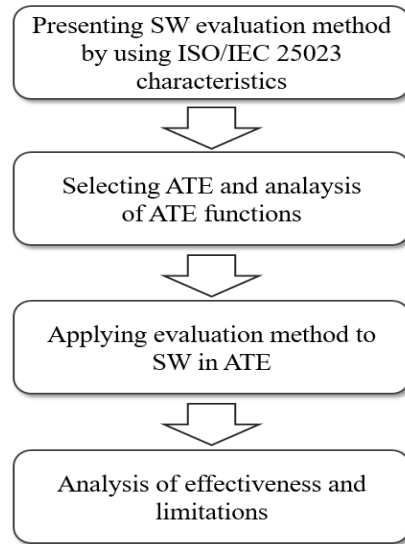


Fig. 1. Schematic diagram of research process

4. ATE SW 검증

4.1 시험 대상 ATE 선정 및 기능분석

전력화가 예정된 핵심사업 중 검증 효용성이 높은 OOO 무기체계의 규격화된 ATE를 선정했다. 이 ATE는 가상의 신호 생성으로 시험을 지원하는 신호 모의기 SW를 활용할 수 있어 시험 대상으로도 적합했다. ATE를 타 장비와 물리적인 연결 없이 일반 PC 환경에서 다양한 시나리오로 품질특성 시험이 가능하기 때문이다. ATE SW가 동작하는 최소 사양은 아래의 Table 2와 같다.

Table 2. ATE HW/SW specifications.

Category	Details
CPU	Intel i5 @1.6GHz or above
Memory	1GB DDR3 SDRAM or above
Network Interface Controller	Ethernet 100Mbps 1 Channel or above
Operating System	Windows 10
Programming language	C, C++

OOO 무기체계 점검을 위한 ATE의 검사 기능을 구분하면 아래의 Table 3과 같이 통신 검사, 제어기 검사, 무기체계의 동작 검사 등 3가지로 구분할 수 있다. 제어기

는 무기체계의 구성품으로 CPU와 메모리, 데이터 저장 장치의 결합체로 볼 수 있으며 무기체계는 여러 개의 제어기로 구성되어 있다.

Table 3. Category of ATE functions for weapon test

Subject	Major check items
Communications	- Status of wired communication (RS422, Ethernet) - Status of Wireless communication(GPS)
Control unit	- Status of controller unit power - Status of sensor signal, sensor functions - SW/algorithm version verification
Operation of weapon system	- Check weapon's activity according to control command - Check calculated variable results with expected values. - Reports results

Table 3과 같이 통신 검사는 GPS 신호를 받는 무선 통신 검사, ATE와 제어기의 유선 통신 검사로 다시 분류된다. 제어기는 제어기의 전원 확인, 제어기와 연결된 센서의 전원, 기능 검사, 제어기에 설치된 SW 버전, 알고리즘 확인 등으로 나눌 수 있다.

Table 3의 무기체계의 동작 항목은 제어기의 복합적인 기능 동작으로 나타난다. 무기체계 동작 검사는 사용자 명령에 따른 기능 검사, ATE의 시험 신호 입력에 따른 무기체계 SW의 연산 결과값 검사, 무기체계의 종합적인 검사 정보를 보여주는 성적서 결과 확인 등으로 분류할 수 있다.

4.2 ATE SW의 검증

선정된 ATE SW는 위의 Fig. 2와 같은 방안으로 검증하였다. ISO/IEC 25023의 기능적합성 기준으로 ATE SW의 기능을 점검하는 것이다. 이 과정에서 ATE SW로 가상의 신호를 입력해주는 신호 모의기를 활용하였다. 그리고 ATE의 기능에 대한 설명은 SRS와 기타 규격화된 산출물 자료를 참고하였다.

기능적합성의 품질부특성인 기능완전성, 기능정확성, 기능적절성 관점에서 ATE SW를 검증한 결과 개선이 필요한 기능을 다음과 같이 확인할 수 있었다.

4.2.1 기능완전성 검증

ATE는 Table 3과 같이 대상 무기체계의 통신상태를 점검하는 기능이 있다. ATE의 무기체계 통신상태 기능이 정상적으로 동작하는지 확인하기 위해 Fig. 3과 같이 무기체계와 ATE를 연결하는 A 통신선의 단절상황을 신호 모의기를 활용하여 가상으로 시험하였다.

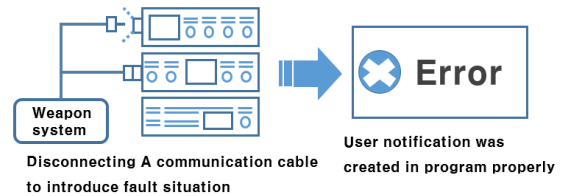


Fig. 3. Normal operation of ATE function

A 통신선의 단절상황에서는 사용자 알림이 생성되어 ATE의 고장판정 기능의 동작을 확인했다.

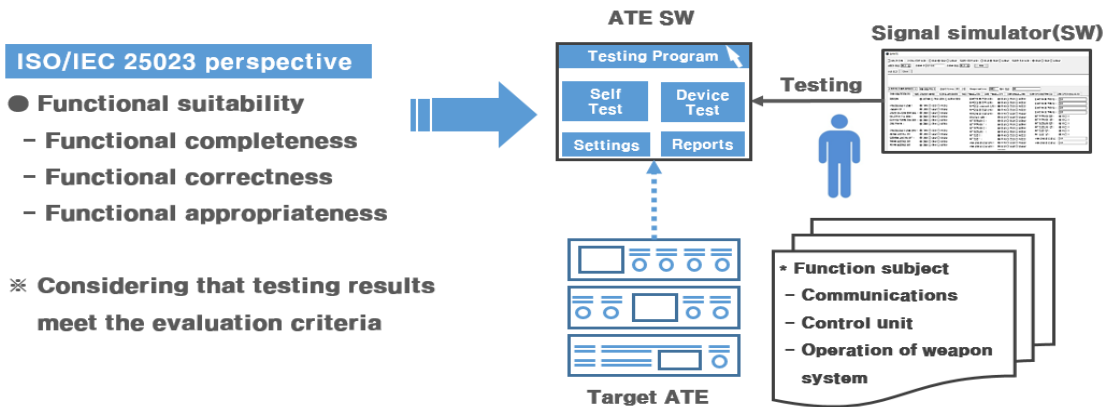


Fig. 2. ATE validation method with signal simulator and functional suitability in ISO/IEC 25023

그렇지만 B 통신선의 단절상황을 가정하여 시험한 경우 아래의 Fig. 4와 같이 사용자 알림이 생성되지 않고 프로그램의 변화 없이 실행되었다. 이 경우 무기체계의 유선 통신 점검 기능이 누락된 것이고 기능완전성 관점에서 개선이 필요한 기능으로 평가할 수 있다.

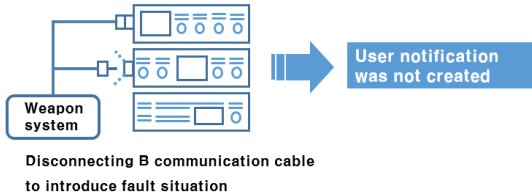


Fig. 4. Abnormal operation of ATE function

4.2.2 기능정확성 검증

ATE의 점검결과를 보여주는 성적서는 사용자 관점에서 호환과 오류가 없어야 한다. ATE의 기능을 동작시킨 후 성적서를 기능정확성 관점에서 아래의 Fig. 5와 같이 검증하였다.

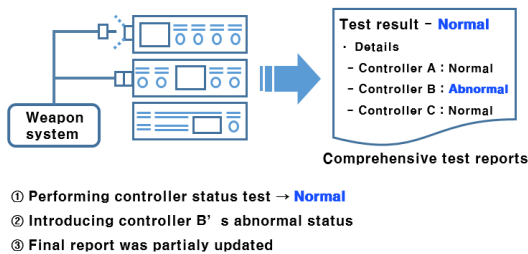


Fig. 5. Inconsistent result of test reports.

먼저 정상적으로 ATE 제어기 상태를 점검하여 성적서를 업데이트한다. 그리고 여러 개의 제어기 중 1개의 제어기에 고장 상황을 발생시킨 다음 성적서를 재확인하였다. 세부 점검 기능에서는 고장을 일으킨 제어기의 비정상 상태를 확인할 수 있었다. 그렇지만 종합적인 기능 점검 결과는 정상으로 표출되어 성적서 전체적으로 일관성 없는 결과를 보여주었다. 따라서 기능정확성 관점에서 기능 개선이 필요함을 확인하였다.

4.2.3 기능적절성 검증

무기체계의 상태를 점검하는 ATE 기능은 아래의 Fig. 6과 같이 A, B, C 순서대로 동작한다. A의 경우 제어기의 상태확인, B의 경우 센서 신호의 상태확인, C의 경우 무기체계 동작 확인으로 나눌 수 있다. 현재 각각의 기능

점검이 분리되어 수행되도록 설계되어 있고 C의 시험이 종료되는 순간에 A, B, C의 시험결과를 출력하고 있다. 이렇게 기능점검이 진행된다면 Fig. 6과 같이 ATE의 동작 중에 A의 기능 이상을 발견할 수 없는 시간이 생겨 비효율적이다. 또 B, C도 역시 ATE의 동작 중 기능 이상을 발견할 수 없는 시간이 존재한다.

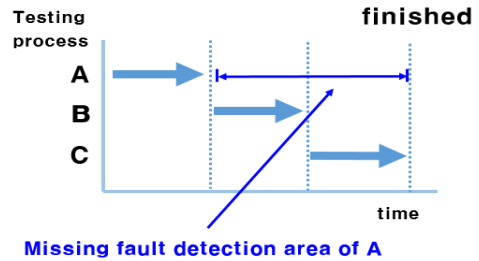


Fig. 6. Sequential function test architecture

이러한 동작 방식은 아래의 Fig. 7과 같이 개선될 수 있다. 제어기의 상태확인, 센서 신호의 상태확인, 무기체계 동작에 따른 결과는 서로 연동되어 동작하는 기능이다. 따라서 Fig. 7과 같이 무기체계의 기능점검이 동시에 수행될 수 있도록 설계하면 연계되어 동작하는 A, B, C 기능을 종합적으로 평가할 수 있다. 이렇게 변경한다면 기존과 동일한 점검 시간 동안 A, B, C의 연계된 동작을 시스템 관점에서 더 정밀하게 점검할 수 있으며 ATE 동작 중 A, B, C의 동작 이상을 발견할 수 없는 시간을 제거할 수 있다. 따라서 기존보다 더 신뢰성 있는 시험결과를 얻을 수 있게 된다.



Fig. 7. Parallel function test architecture

기능적절성 관점에서 위의 ATE 설계방식을 평가할 수 있다. Fig. 7과 같이 연계된 기능점검을 종합적으로 평가하는 방식이 무기체계의 실제 동작을 더 정확히 모사하고 기능의 점검 중 발생할 수 있는 고장 상황을 더 적절히 재현할 수 있다. 따라서 Fig. 7과 같이 개선된 방식이 기존의 검사 방식보다 품질검사 목적에 더 부합한다고 할 수 있다.

결론적으로 기존의 순차적인 A, B, C 기능점검 방식은 기능완전성, 기능정확성 관점에서는 정상적이지만 기능적절성 관점에서는 개선이 필요하다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기능적합성 품질특성을 활용하였고 기능완전성, 기능정확성, 기능적절성 등 세 가지 관점의 평가 기준 제시, 기준에 따른 검증, 개선안 제시를 통해 ATE SW를 검증하였다.

기능완전성 특성을 활용하여 ATE가 SRS에 기술되어 있는 기능을 빠짐없이 구성하고 있는지 평가 기준을 제시하고 검증할 수 있었으며 누락된 기능을 찾을 수 있었다. 기능정확성 특성의 경우 개별적인 기능이 오류 없이 동작하는지 확인하는 평가 기준을 제시하였다. 기능완전성이 기능의 존재만을 확인하는 것과 다르게 기능정확성 평가 기준은 개별 기능을 정밀하게 평가할 수 있게 하였다. 기능적절성 특성의 경우 ATE의 본래 기능 및 품질검사 목적을 기준으로 ATE SW의 발전적인 개선방안을 제시하였다. 기능완전성, 기능정확성 품질특성보다 더 포괄적이고 종합적인 관점에서 SW 품질을 평가할 수 있었다.

ATE SW를 검증하여 발견된 기능 이상을 기능완전성, 기능정확성, 기능적절성 품질부특성에 따라 체계적으로 분류할 수 있었다. 국제표준을 이용함으로써 기능 이상의 평가 기준에 대한 투명성, 신뢰성을 확보할 수 있는 것이 가장 큰 장점이다. 연구개발주관기관으로 ATE SW의 기능 이상에 대해 수정이나 검토의견을 제시할 때 위의 장점이 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 SRS, 개발단계 산출물을 활용하여 소요관점에서 ATE SW를 점검하였다. 그렇지만 기능의 동작 이상의 경우 소스 코드를 참조하여 함께 검증될 수 있었다. 품질특성 관점에서 발생하는 동작을 소스 코드 수준에서 검증할 수 있다면 개발자 관점으로 더 정확히 문제를 찾아내고 구체적인 개선안도 제시할 수 있을 것이다. 향후에는 소스 코드도 함께 참조하여 검증하거나 ATE SW 품질을 점검하는 품질검증체계의 구축연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

[1] Defense Acquisition Program Administration(DAPA),

"Weapon System development and management manual", Notice, DAPA, Korea, 2020.

- [2] Y. H. Yoon, K. Y. Ku, J. J. Keum, U. H. Hwang, S. Woo, "The Study on Improvement of ATE Reliability in Production Phase", *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers of Korea SC*, Vol. 47, No. 6, pp. 19-26, Nov. 2010.
- [3] B. J. Kim, "Design Conformance Verification of Military FM Radio Set Automatic Test Equipment", *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 389-396, Jun. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2020.15.3.389>
- [4] H. J. Bak, J. S. Kim, "Verification Methods of ATE for TICN System", *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol. 25, No. 4, pp. 17-27, Aug. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9723/jksiiis.2020.25.4.017>
- [5] D. I. Kim, K. J. Choi, "Design and Fabrication of Test Equipment for Mass Production of Automatic Test Equipment(ATE)", *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 22, No. 8, pp. 1-7, Aug. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.9708/jksoci.2017.22.08.001>
- [6] International Organization for Standardization(ISO), "ISO/IEC 25023: 2016 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation(SQuaRE) —Measurement of system and software product quality" , *ISO/IEC 20523*, Geneva, Switzerland, 2016.
- [7] H. J. Jung, "The Software Quality Testing on the basis of the International Standard ISO/IEC 25023", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 7, No. 6, pp. 35-41, Dec. 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15207/JKCS.2016.7.6.035>
- [8] B. H. Park, J. S. Yu, J. H. Yun, C. H. Song "A Study on Application of Functional Suitability in ISO/IEC 25023 to Weapon System Software for Quality Improvement", *Proceedings of the Korean Society for Quality Management Academia-Industrial cooperation Society in Fall*, pp. 175-175, Oct. 2020.
- [9] G. H. Yoon, J. S. Yu, "Applying ISO/IEC 25023 to Software Engineering Process in Weapon System for Quality Improvement", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, No. 5, pp. 387-393, May 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.5.387>
- [10] J. S. Yu, J. H. Yun, "Improving Security for Software in Weapon Systems Using ISO/IEC 25023", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, No. 12, pp. 89-94, Dec. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.12.89>

윤 경 환(Gyeonghwan Yoon)

[정회원]



- 2013년 2월 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 (학사)
- 2013년 1월 ~ 2016년 8월 : 현대 오토론 연구원
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

무기체계 소프트웨어, 소프트웨어 품질관리, 테스트

김 규 영(Kyu-young Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (학사)
- 2013년 3월 ~ 2018년 7월 : ㈜한화/방산 대리
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

기계공학, 재료공학, 방산

윤 재 형(Jae-Hyeong Yun)

[정회원]



- 2017년 2월 : 건국대학교 전자공학부 (전자공학학사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어 품질

김 종 규(Jong-Kyu Kim)

[정회원]



- 2019년 8월 : 동국대학교 정보통신공학과 (정보통신공학학사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학